

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日                      2002年 9月20日  
Date of Application:

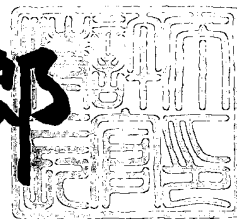
出願番号                      特願2002-274220  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [JP 2002-274220]

出願人                      株式会社半導体エネルギー研究所  
Applicant(s):

2003年 7月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号    出証特2003-3053755

【書類名】 特許願

【整理番号】 P006610

【提出日】 平成14年 9月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 宮入 秀和

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 下村 明久

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 高野 圭恵

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 古山 将樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 田中 幸一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-268222

【出願日】 平成14年 9月13日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

**【書類名】 明細書**

**【発明の名称】** レーザ装置、レーザ照射方法、半導体装置または半導体装置の生産方法

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングするための光学系と、  
前記サンプリングされたレーザ光の一部を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成する手段と、

透過率に従って、前記発振器から発振されるレーザ光のエネルギーを調整する光量調整手段と、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、前記透過率が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御する信号処理部と、  
を有することを特徴とするレーザ装置。

**【請求項 2】**

透過率に従って入射したレーザ光のエネルギーを調整する光量調整手段と、  
前記光量調整手段の透過率を制御するドライバと、  
前記光量調整手段に入射する前記レーザ光の一部をサンプリングする入射側光学系と、

前記入射側光学系によりサンプリングされた一部のレーザ光を用いて、前記光量調整手段に入射する前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 1 の電気信号を生成する手段と、

前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光の一部をサンプリングする出射側光学系と、

前記出射側光学系によりサンプリングされた一部のレーザ光を用いて、前記光

量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 2 の電気信号を、生成する手段と、

前記第 1 の電気信号と、前記第 2 の電気信号に信号処理を施すことで、前記光量調整手段に入射するレーザ光と、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、前記透過率が前記光量調整手段に入射するレーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するように前記ドライバを制御する信号処理部と、

を有することを特徴とするレーザ装置。

### 【請求項 3】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングする光学系と、

前記発振器が有する放電管に印加される電圧を制御する電圧制御手段と、

前記光学系によりサンプリングされた前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成する手段と、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、前記放電管に印加する電圧が、レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するように前記電圧制御手段を制御する信号処理部と、

を有することを特徴とするレーザ装置。

### 【請求項 4】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングする光学系と、

前記発振器が有する放電管に印加される電圧を制御する電圧制御手段と、

前記光学系によりサンプリングされた前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成する手段と、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、前記放電管に印加する電圧が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように前記電圧制御手段を制御する信号処理部

と、

を有することを特徴とするレーザ装置。

【請求項 5】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記サンプリングされたレーザ光の一部を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、光量調整手段の透過率が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記光量調整手段において、前記透過率に従って前記発振器から発振される前記レーザ光のエネルギーが調整されることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 6】

光量調整手段に入射するレーザ光の一部をサンプリングし、前記光量調整手段に入射する前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 1 の電気信号を生成し、

前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光の一部をサンプリングし、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 2 の電気信号を生成し、

前記第 1 の電気信号と、前記第 2 の電気信号に信号処理を施すことで、前記光量調整手段に入射するレーザ光と、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、光量調整手段の透過率が前記入射するレーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記入射するレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記光量調整手段において、前記透過率に従って前記発振器から発振される前記レーザ光のエネルギーが調整されることを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 7】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が、レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するように制御することを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 8】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御することを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 9】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記サンプリングされたレーザ光の一部を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、光量調整手段の透過率が前記レーザ光のエネルギーの

変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記光量調整手段において、前記透過率に従って前記発振器から発振される前記レーザ光のエネルギーが調整され、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記エネルギーが調整されたレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置の生産方法。

#### 【請求項 10】

光量調整手段に入射するレーザ光の一部をサンプリングし、前記光量調整手段に入射する前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 1 の電気信号を生成し、

前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光の一部をサンプリングし、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 2 の電気信号を生成し、

前記第 1 の電気信号と、前記第 2 の電気信号に信号処理を施すことで、前記光量調整手段に入射するレーザ光と、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、光量調整手段の透過率が前記入射するレーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記入射するレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記光量調整手段において、前記透過率に従って前記発振器から発振される前記レーザ光のエネルギーが調整され、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記エネルギーが調整されたレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置の生産方法。

#### 【請求項 11】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状



態を把握し、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が、レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するように制御し、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記電圧を制御することで得られるレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置の生産方法。

【請求項 12】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記電圧を制御することで得られるレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置の生産方法。

【請求項 13】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記サンプリングされたレーザ光の一部を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、光量調整手段の透過率が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑え

られるような振幅で変化するように制御し、

前記光量調整手段において、前記透過率に従って前記発振器から発振される前記レーザ光のエネルギーが調整され、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記エネルギーが調整されたレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置。

#### 【請求項 1 4】

光量調整手段に入射するレーザ光の一部をサンプリングし、前記光量調整手段に入射する前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 1 の電気信号を生成し、

前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光の一部をサンプリングし、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 2 の電気信号を生成し、

前記第 1 の電気信号と、前記第 2 の電気信号に信号処理を施すことで、前記光量調整手段に入射するレーザ光と、前記光量調整手段においてエネルギーが調整されたレーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、光量調整手段の透過率が前記入射するレーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記入射するレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記光量調整手段において、前記透過率に従って前記発振器から発振される前記レーザ光のエネルギーが調整され、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記エネルギーが調整されたレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置。

#### 【請求項 1 5】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が、レーザ光のエネルギー

ーの変動とは逆の位相で変化するように制御し、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記電圧を制御することで得られるレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置。

#### 【請求項 16】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、

前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ前記発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記電圧を制御することで得られるレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ装置またはレーザ照射方法に係り、特に出力されるレーザ光のエネルギーを安定化させる機構を有するレーザ装置またはレーザ照射方法に関する。また該レーザ装置またはレーザ照射方法を用いて半導体膜を結晶化する工程を含む半導体装置の作製方法及び半導体装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

レーザは、レーザ媒質によってガスレーザと固体レーザとに区分され、その種類は様々である。そしてレーザは、得られるレーザ光の波長、エネルギー、パル

ス特性などがレーザ媒質によって異なっており、レーザ光の性質に応じた用途の探索が行なわれてきた。各種のレーザのうち、YAGレーザ、CO<sub>2</sub>レーザ、エキシマレーザ等が最も多くの工業用のレーザ装置に利用されている。

#### 【0003】

なかでもガスレーザであるエキシマレーザは強力な紫外光線であり、その波長はArFで0.193  $\mu$ m、XeFで0.351  $\mu$ mと短く、集光性に優れている。そのため、一般部品加工の他、マスクの成形などを含む半導体製造に代表されるような、 $\mu$ mレベルの超微細加工が要求される分野に適している。

#### 【0004】

しかし、エキシマレーザやCO<sub>2</sub>レーザに代表されるガスレーザは、一般的に発振器内のレーザ媒質であるガスの圧力に変動が生じやすく、また放電管内にレーザ媒質であるガスを循環させて発振を行なう場合、ガスの流量にも変動が生じやすい。そのため、発振器から出力されるレーザ光のエネルギーが安定に保たれにくく、被処理物への処理を均一に行なうことが難しいという欠点を有している。

#### 【0005】

そこで従来では、出力されるレーザ光のエネルギーが安定化されるように、放電管内におけるレーザ媒質の圧力の変動を検出し、該変動を打ち消すような圧力の変動を発生させることで、レーザ媒質の圧力または流量の変動を抑える方法が提案されていた（例えば、特許文献1参照）。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平07-038180号公報（第2-3頁、第3図）

#### 【0007】

上記特許文献1では、レーザ媒質であるガスの圧力変動を、ガス供給ダクトに設けられている圧力センサにおいて検出し、検出信号としてフィードバック制御ユニットに入力する。フィードバック制御ユニットでは該検出信号の位相を反転させる。そして波形発生器において位相が反転した検出信号に高速フーリエ変換（FFT）による周波数分析を施し、波形信号を得る。そして該波形信号を増幅し

た後、振動子に入力する。振動子は入力された増幅後の波形信号に従って、圧力センサが検出した圧力変動と同じ振幅で逆位相の圧力変動を発生させ、レーザ媒質の圧力の変動を打ち消す。

#### 【0 0 0 8】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし上記方法だと、振動子によって逆位相の圧力変動を正確に発生させるのが困難であるため、レーザ媒質の圧力の変動を抑えるのに限界がある。もともとエキシマレーザは、上記特許文献 1 に記載されている C O<sub>2</sub>レーザに比べて、出力されるレーザ光のエネルギーの変動は小さい。しかしエキシマレーザは、集光性に優れているという点が評価されて微細加工に多用されているので、C O<sub>2</sub>レーザに比べてより高いレベルの安定性が求められている。よって上記方法のように、振動子を用いてレーザ媒質の圧力の変動を打ち消す方法だと、エキシマレーザの場合、出力されるレーザ光のエネルギーの安定化を十分なレベルまで達成することが難しい。

#### 【0 0 0 9】

レーザ光の出力が安定していないと、被処理物への処理を均一に行なうことが難しい。例えば、レーザ光の照射を用いた半導体膜の結晶化などでは、1 0 %程度の微妙なエネルギーの変動によって結晶性に違いが生じると考えられる。

#### 【0 0 1 0】

そこで本発明者らは、パルス発振のエキシマレーザから出力されたレーザ光の一部をサンプリングして、そのエネルギーの変動を観察した。図 1 0 (A) に、時間に対するサンプリングされたレーザ光のエネルギーの値を示す。なおエキシマレーザの発振周波数は 2 5 H z である。

#### 【0 0 1 1】

図 1 0 (A) に示したデータに F F T を施すことで得られたデータを、図 1 0 (B) に示す。図 1 0 (B) では、横軸は周波数、縦軸は振幅を示している。F F T を施したデータにおいて、周波数が 0 . 2 4 5 8 3 H z において際立って高いピークが観測された。この周波数は、図 1 0 (A) において観測された、レーザ光のエネルギーの変動のうち、定周期のエネルギーの変動の周波数に相当する

。

#### 【0 0 1 2】

なお、図 1 0 (A) において測定開始から 2 0 sec までの期間において、測定装置のディテクターの過渡応答のため、エネルギーの変動が他に比べて大きい、この期間のデータのカットの有無に関わらず、F F T 後のデータは同じである。

。

#### 【0 0 1 3】

上述したエネルギーの変動を有するレーザ光を、0. 8 mm/sec でスキャンして半導体膜の結晶化を行なうと仮定すると、 $0. 8 / 0. 2 4 5 8 3 \div 3. 3$  mm の間隔で最もエネルギー密度が高いレーザ光が半導体膜に照射される計算になる。

#### 【0 0 1 4】

実際にエキシマレーザのレーザ光を照射し、結晶化を行なった半導体膜を上面からみた写真を、図 1 1 に示す。レーザ光はパルス発振のエキシマレーザを用い、発振周波数は 2 5 H z、スキャン速度は 0. 8 mm/sec で照射を行なった。図 1 1 に示した半導体膜では、矢印で示すスキャン方向に対して垂直な方向に、結晶性の違いによって生ずる複数の横縞が視認される。この複数の横縞の間隔は 3. 4 mm であり、供述の計算によって得られた値 3. 3 mm とほぼ一致していることから、この横縞が、定周期のエネルギーの変動に起因するものであることが伺える。

#### 【0 0 1 5】

さらに図 1 2 に、結晶化後の半導体膜を上面からみた写真と、パルス発振のエキシマレーザから出力されたレーザ光の一部をサンプリングして、そのエネルギーの値を 1 5 階調の濃淡で表現できるように示した図とを、並べて示す。なお、図 1 2 におけるレーザ光の発振周波数は 3 0 H z、スキャン速度は 1. 0 mm/sec であり、スキャン方向は矢印で示す通りである。なお、エネルギーの強弱を濃淡で示している部分において、スキャン開始時に一部連続して白く見える箇所があるが、これは測定器の過渡応答によるためである。

#### 【0 0 1 6】

図12から分かるように、結晶化後の半導体膜に、スキャン方向と垂直の方向において、結晶性の違いによって生ずる複数の横縞が生じている。また、サンプリングされた定周期のエネルギーの変動に起因する複数の横縞が、エネルギーの強弱を示す濃淡によって形成されている。そしてこれらの2つの横縞は、間隔が一致しており、したがって、半導体膜において観測された、結晶性の違いによって生ずる複数の横縞が、定周期のエネルギーの変動に起因するものであることが、図12からも伺える。

#### 【0017】

このように、結晶性にばらつきがある半導体膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を作製すると、そのオン電流が、半導体膜の場所によってばらついてしまう。そして、該TFTを発光素子への電流を制御するトランジスタとして用いている発光装置では、輝度の高い領域と低い領域が縞状に視認されるなどの問題が生じる。

#### 【0018】

図13に、レーザ光による結晶化後の半導体膜の上面の写真と、該半導体膜を用いた発光装置に全白を表示させている状態の上面の写真とを示す。具体的に図13に示した発光装置は、結晶化後の半導体膜を用いて形成されたTFTと、該TFTにより供給される電流が制御されている発光素子とを有する画素が、画素部に複数設けられている。なお発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス（Electroluminescence）が得られる電界発光材料を用いている。

#### 【0019】

図13では、結晶化後の半導体膜2000と、該半導体膜の対応する位置に、発光装置の画素部一部2001、2002、2003を、重ねて示す。なお、発光装置の画素部一部2001、2002、2003は、互いに表示する階調が異なっている。

#### 【0020】

図13に示すように、発光装置の画素部の一部2002、2003では視認されにくい、画素部の一部2001において横縞が視認されている。そしてこの横縞は、半導体膜の横縞と一致しており、レーザ光のエネルギーのばらつきが原

因となり、発光装置の表示に横縞が表示されているのが確認できる。

#### 【 0 0 2 1 】

本発明は上述した問題に鑑み、レーザ光のエネルギーをより安定化させることができるレーザ装置、またはレーザ照射方法の提供を課題とする。また該半導体装置の作製方法を用いて作製された半導体装置の提供を課題とする。

#### 【 0 0 2 2 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、発振器から出力されたレーザ光の光量を調整する手段（光量調整手段）を用いることで、従来の発振器内における媒質の圧力や流量の変動を抑える方法よりも、得られるレーザ光のエネルギーをより安定化できるのではないかと考えた。

#### 【 0 0 2 3 】

本発明は、発振器から出力されたレーザ光の一部をサンプリングして該レーザ光のエネルギーの変動を把握する。そして把握されたエネルギーの変動のデータを用いて、光量調整手段の透過率が該変動とは逆の位相をもって変化するように制御する。

#### 【 0 0 2 4 】

具体的に本発明のレーザ装置が有する補正手段は、

- ① 透過率に従って入射したレーザ光のエネルギーを調整する光量調整手段
- ② 光量調整手段に入射するレーザ光の一部をサンプリングするための手段（入射側光学系）
- ③ 入射側光学系によりサンプリングされた一部のレーザ光を用いて、光量調整手段に入射するレーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 1 の電気信号を、生成する手段（入力側センサ）
- ④ 光量調整手段から出射されたレーザ光の一部をサンプリングするための手段（出射側光学系）
- ⑤ 出射側光学系によりサンプリングされた一部のレーザ光を用いて、光量調整手段から出射されるレーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む第 2 の電気信号を、生成する手段（出力側センサ）



- ⑥ 前記第 1 の電気信号と、前記第 2 の電気信号に信号処理を施すことで、光量調整手段に入射するレーザ光と光量調整手段から出射するレーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、前記透過率が光量調整手段に入射するレーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するようにドライバを制御する手段（信号処理部）
- ⑦ 光量調整手段の透過率を制御する手段（ドライバ）を有している。

**【 0 0 2 5 】**

上記構成のように、アテニュエーター（A T T：減衰器）等のレーザ光のエネルギー密度の光量調整手段を用いることで、レーザ光のエネルギー密度の制御を精密に行なうことができるので、従来の振動子を用いた方法よりも確実にレーザ光の変動を打ち消すことができ、より安定なエネルギーを有するレーザ光を得ることができる。より具体的には、周期的に発生するレーザ光のエネルギーの変動を抑えることができる。

**【 0 0 2 6 】**

また本発明者らは、発振器が有する放電管に印加する電圧を制御することで、従来の発振器内における媒質の圧力や流量の変動を抑える方法よりも、得られるレーザ光のエネルギーをより安定化できるのではないかと考えた。

**【 0 0 2 7 】**

本発明は、発振器から出力されたレーザ光の一部をサンプリングして該レーザ光のエネルギーの変動を把握する。そして把握されたエネルギーの変動のデータを用いて、放電管に印加される電圧が該変動とは逆の位相をもって変化するように制御する。

**【 0 0 2 8 】**

具体的に本発明のレーザ装置が有する補正手段は、

- ① 発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングするための手段（光学系）
- ② 光学系によりサンプリングされた一部のレーザ光を用いて、レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を、生成する手段（センサ）

- ③ 前記電気信号に信号処理を施すことで、レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、前記発振器が有する放電管に印加する電圧が、レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するように電圧制御手段を制御する手段（信号処理部）
- ④ 前記放電管に印加される電圧を制御する手段（電圧制御手段）を有している。

#### 【0 0 2 9】

上記構成のように、発振器が有する放電管に印加する電圧を制御することで、レーザ光のエネルギー密度の制御を精密に行なうことができるので、従来の振動子を用いた方法よりも確実にレーザ光の変動を打ち消すことができ、より安定なエネルギーを有するレーザ光を得ることができる。より具体的には、レーザ光の発振周期よりも定周期のエネルギーの変動を抑えることができる。

#### 【0 0 3 0】

また上記レーザ装置を半導体膜の結晶化に用いることで、半導体膜の結晶性をより均一にすることができる。なお本発明の半導体装置の製造方法は、集積回路や半導体表示装置の生産方法に用いることができる。特に、液晶表示装置、有機発光素子に代表される発光素子を各画素に備えた発光装置、DMD（Digital Micromirror Device）、PDP（Plasma Display Panel）、FED（Field Emission Display）等の半導体表示装置の画素部に設けられたトランジスタ等の半導体素子に用いた場合、画素部において照射されたレーザ光のエネルギーの分布に起因する横縞が、視認されるのを抑えることができる。

#### 【0 0 3 1】

なお本発明はエキシマレーザやCO<sub>2</sub>レーザだけではなく、他のガスレーザにも適用することができる、さらにガスレーザだけではなく固体レーザにも適用することができる。また発振方法もパルス発振だけに限定されず、連続発振のレーザ装置にも適用可能である。

#### 【0 0 3 2】

##### 【発明の実施の形態】

##### （実施の形態 1）

図 1 に、本実施の形態の補正手段 101 のブロック図を示す。図 1 に示す補正手段 101 は、入射側光学系 102、入射側センサ 103、信号処理部 104、ATT ドライバ 105、ATT 106、出射側光学系 107、出射側センサ 108 を有している。

#### 【0033】

図 1 に示す補正手段 101 は、ATT 106 の入射側のレーザ光と出射側のレーザ光の両方をサンプリングする。よって、レーザ光のサンプリングのための光学系と、センサとが、入射側と出射側にそれぞれ 1 つずつ設けられる。図 1 では入射側と出射側の光学系を区別するために、それぞれ入射側光学系 102、出射側光学系 107 として示している。また入射側と出射側のセンサを区別するために、それぞれ入射側センサ 103、出射側センサ 108 として示している。

#### 【0034】

なお本実施の形態では、入射側と出射側とを 1 つの信号処理部で賄う。しかし信号処理部を入射側と出射側とで 1 つずつ設ける用にしても良い。

#### 【0035】

図 1 に示す補正手段 101 では、入射側光学系 102 を用いて、ATT 106 の入射側のレーザ光の一部をサンプリングし、入射側センサ 103 に入射させる。入射側センサ 103 では、入射した一部のレーザ光を電気信号に変換し、該電気信号を信号処理部 104 に入力する。

#### 【0036】

一方、出射側光学系 107 を用いて、ATT 106 の出射側のレーザ光の一部をサンプリングし、出射側センサ 108 に入射させる。そして、出射側センサ 108 では、入射した一部のレーザ光を電気信号に変換し、信号処理部 104 に入力する。

#### 【0037】

入射側センサ 103 と出射側センサ 108 は、レーザ光のエネルギーの変動をデータとして有する電気信号を生成することができるならば、どのような光電変換素子を用いても良い。例えば、フォトダイオード、フォトランジスタ、CCD (charge coupled device) 等を用いることができる。

**【 0 0 3 8 】**

図 2 に、サンプリングされたレーザ光の、エネルギーの変動をグラフに示す。パルス発振のエキシマレーザを用いており、横軸は時間 (sec) を示し、縦軸は、全測定 of エネルギーの平均値に対する、各測定点におけるエネルギーの相対的な比率 (%) を示している。

**【 0 0 3 9 】**

レーザ光の発振周波数は、図 2 (A) が 1 0 H z、図 2 (B) が 2 0 H z、図 2 (C) が 3 0 H z、図 2 (D) が 4 0 H z、図 2 (E) が 5 0 H z である。

**【 0 0 4 0 】**

信号処理部 1 0 4 において、入力された 2 つの電気信号の信号処理が行なわれ、各レーザ光が有するエネルギーの変動のうち、定期的な周期の変動の解析が行なわれる。信号処理は、高速フーリエ変換に限らず様々な信号処理を用いることができる。最低限必要なのは、入射側のレーザ光のエネルギーの変動のうち、定周期の変動の周波数と、出射側のレーザ光のエネルギーの変動のうち、定周期の変動の振幅と位相である。ここでは高速フーリエ変換を用いて信号処理を行った場合について説明する。

**【 0 0 4 1 】**

高速フーリエ変換は、WaveMetrics, Inc. 製の計算プログラムソフトウェア IGOR Pro を用いて、以下の式 1 に従い行なった。

**【 0 0 4 2 】**

【式 1】

$$F_k = \sum_{m=0}^{N-1} f_m W^{km}$$

$$(W = e^{2\pi i / N})$$

【0043】

高速フーリエ変換による周波数分析が行なわれると、最もピークの高い周波数とそのピークの高さを得ることができる。該周波数は、入射側または出射側のレーザー光が有するエネルギーの変動（定周期変動）に対応している。以下、該周波数を定周期周波数と呼ぶ。またそのピークの相対的な高さは、定周期変動の振幅に対応している。

【0044】

図3に、図2に示したデータに高速フーリエ変換を施した後のデータを示す。図3（A）は図2（A）に、図3（B）は図2（B）に、図3（C）は図2（C）に、図3（D）は図2（D）に、図3（E）は図2（E）に、それぞれ対応している。横軸は周波数（Hz）を示し、縦軸は振幅を示している。

【0045】

図3（A）～図3（E）のそれぞれのグラフにおいて、1つだけ最も高いピークが観測されている。具体的に図3（A）では4.78 Hz、図3（B）では4.78 Hz、図3（C）では5.2275 Hz、図3（D）では15.21 Hz、図3（E）では24.8 Hzにおいて最も高いピークが観測されている。該ピークの周波数が定周期周波数に相当する。

【0046】

そして信号処理部 104 において、入射側のレーザ光の定周期周波数と同じ周波数でもって ATT 106 の透過率が変化するように、ATT ドライバ 105 を制御する。そしてなおかつ、FFT によって得られた出射側のレーザ光のピーク強度をモニターし、該ピーク強度のレベルを落とすように、ATT ドライバ 105 を用いて ATT 106 の透過率の振幅、位相を調整する。

#### 【0047】

図 4 (A) に、高速フーリエ変換から算出された、レーザ光のエネルギーの定周期変動の波形を示す。定周期周波数を  $1/T$  とすると、定周期変動の周期は  $T$  で表される。 $A$  はレーザ光の、定周期変動の振幅を表している。図 4 (A) に示した定周期変動の波形から生成される、透過率の変動の波形を、図 4 (B) に示す。透過率の変動の波形は、定周期変動の波形と同じ周期  $T$  を有しており、その位相は  $T/2$  だけずれている。なお  $B$  は透過率の振幅を示している。

#### 【0048】

ATT 106 に入射したレーザ光は、ATT 106 の透過率によってエネルギーが調整され、補正手段 101 から出射される。

#### 【0049】

上記補正手段によって、本発明のレーザ装置において、発振器 100 から出力されたレーザ光のエネルギーの変動を抑えることができる。より具体的には、レーザ光のエネルギーの定周期変動を抑えることができる。

#### 【0050】

なお、ATT の透過率の振幅  $B$  は、該透過率が最大値を有するときに得られる出射側のレーザ光のエネルギーと、該透過率が最小値を有するときに得られる出射側のレーザ光のエネルギーとがより近くなるように設定する。

#### 【0051】

ATT の透過率の振幅  $B$  の調整は、出射後のレーザ光の変動をモニターしながら行っても良いし、FFT によって得られたレーザ光のピーク強度と、入射したレーザ光と ATT に入射した残りのレーザ光のエネルギーの比率とを用いて調整しても良い。

#### 【0052】

次に、出射側のレーザ光の位相または位相角を用いて、位相の制御を行なう方法について詳しく説明する。

#### 【0 0 5 3】

図 5 (A) に、透過率の位相が理想的である場合の、入射側のレーザ光の波形を破線で、出射側のレーザ光の波形を実線で示す。ただし図 5 (A) では、定周期変動の波形を分かり易くするために、発振周波数以下において生じる変動を含んでいない波形を示す。図 5 (A) において、入射側のレーザ光の波形と出射側のレーザ光の波形とが、同じ位相を有している。よって、透過率の変動の位相は、入射側のレーザ光の定周期変動の位相と丁度  $T/2$  ずれているように設定されていると考えられる。そして、出射側のレーザ光の振幅  $A'$  がより小さくなるように、透過率の振幅を調整することで、出射側のレーザ光のエネルギーの安定性をより高めることができる。

#### 【0 0 5 4】

次に図 5 (B) に、透過率の位相のずれが  $T/2$  ではない場合の、入射側のレーザ光の波形を破線で、出射側のレーザ光の波形を実線で示す。ただし図 5 (A) と同様に、図 5 (B) でも、定周期変動の波形を分かり易くするために、発振周波数以下において生じる変動を含んでいない波形を示す。図 5 (B) において、入射側のレーザ光の波形と出射側のレーザ光の波形とが、同じ位相を有していない。よって、透過率の変動の位相と、入射側のレーザ光の定周期変動の位相との差が、 $T/2$  ではないことが予測される。この場合、信号処理部において透過率の位相の補正を別途行なうことで、出射側のレーザ光の定周期変動を抑える。

#### 【0 0 5 5】

なお本実施の形態では、出射側のレーザ光のエネルギーをモニターし、該ピーク強度のレベルを落とすように透過率の振幅、位相を調整する。しかし位相の調整はこの構成に限定されない。例えば、発振器におけるレーザ光の発振と同期した信号を基準として、ATT 1 0 6 の透過率の位相と、入射側のレーザ光のエネルギーの位相とを合わせるようにしても良い。具体的には、入射側のレーザ光の変動との位相差、及び周波数が予め分かっている信号（基準信号）と、入射側のレーザ光の定周期周波数とから、その位相差を算出し、位相を合わせることができ

る。

#### 【 0 0 5 6 】

この場合、振幅の調整を、FFTによって得られた入射側のレーザ光のピーク強度と、入射したレーザ光とATTに入射した残りのレーザ光のエネルギーの比率を用いて行なえば、出射側のレーザ光のエネルギーの変動を必ずしもモニターする必要はない。つまり、図 1 に示した補正手段において、出射側光学系 1 0 7、出射側センサ 1 0 8 を用いる必要はなく、補正手段が嵩張るのを防ぐことができる。しかし図 1 に示すように出射側のレーザ光をモニターすることで、より確実にレーザ光のエネルギーの安定性を確保することはできる。

#### 【 0 0 5 7 】

また、上記補正手段に、信号処理部で定められたATTの透過率の変動の周波数及び振幅に関する情報をメモリ等に記憶しておき、次回改めてATTの透過率の変動の周波数及び振幅を調整する手間を省くようにしても良い。

#### 【 0 0 5 8 】

なお、本実施の形態では光量調整手段としてATTを用いているが、本発明はこれに限定されない。発振器から発振されたレーザ光のエネルギーを制御することができる手段であるならば、本発明において光量調整手段として用いることが可能である。

#### 【 0 0 5 9 】

また、周期性のないエネルギーの変動であっても、モニターした結果を即レーザ光にフィードバックできるような速度でATTの透過率を制御できるのであれば、その変動を抑えることができる。

#### 【 0 0 6 0 】

(実施の形態 2)

図 6 に、本実施の形態の補正手段 2 0 1 のブロック図を示す。図 6 に示す補正手段 2 0 1 は、光学系 2 0 2、センサ 2 0 3、信号処理部 2 0 4、電圧制御手段 2 0 5、放電管 2 0 6 を有している。

#### 【 0 0 6 1 】

図 6 に示す補正手段 2 0 1 では、光学系 2 0 2 を用いて、発振器 2 0 0 から発



振されたレーザ光の一部をサンプリングし、センサ 2 0 3 に入射させる。センサ 2 0 3 では、入射した一部のレーザ光を電気信号に変換し、該電気信号を信号処理部 2 0 4 に入力する。センサ 2 0 3 は、レーザ光のエネルギーの変動をデータとして有する電気信号を生成することができるならば、どのような光電変換素子を用いても良い。

#### 【0 0 6 2】

信号処理部 2 0 4 において、入力された電気信号の信号処理が行なわれ、レーザ光が有するエネルギーの変動のうち、定周期の変動の解析が行なわれる。信号処理は、高速フーリエ変換に限らず様々な信号処理を用いることができる。最低限必要なのは、レーザ光のエネルギーの変動のうち、周期的な変動の周波数と、振幅である。ここでは高速フーリエ変換を用いて信号処理を行った場合について説明する。

#### 【0 0 6 3】

レーザ光のエネルギーが定周期の変動を有している場合、高速フーリエ変換による周波数分析により、最もピークの高い一の周波数とそのピークの高さを得ることができる。該周波数（定周期周波数）は、定周期変動に対応している。そしてそのピークの相対的な高さは、定周期変動の振幅に対応している。

#### 【0 0 6 4】

そして信号処理部 2 0 4 において、レーザ光の定周期周波数と同じ周波数でもって放電管 2 0 6 に印加される電圧が変化するように、電圧制御手段 2 0 5 を制御する。具体的には、放電管の電圧に、逆相の電圧を重畳させる。そしてなおかつ、FFTによって得られたレーザ光のピーク強度をモニターし、該ピーク強度のレベルを落とすように、電圧制御手段 2 0 5 を用いて放電管 2 0 6 に印加される電圧の振幅、位相を調整する。

#### 【0 0 6 5】

発振器 2 0 0 から発振されるレーザ光は、放電管 2 0 6 に印加される電圧によってエネルギーが調整される。

#### 【0 0 6 6】

上記補正手段によって、本発明のレーザ装置において、発振器 2 0 0 から出力

されたレーザ光のエネルギーの変動を抑えることができる。より具体的には、レーザ光のエネルギーの定周期変動を抑えることができる。

#### 【0067】

なお、放電管 206 に印加される電圧の振幅は、該電圧が最大値を有するときに得られるレーザ光のエネルギーと、該電圧が最小値を有するときに得られるレーザ光のエネルギーとがより近くなるように設定する。

#### 【0068】

なお本実施の形態では、レーザ光のエネルギーをモニターし、該ピーク強度のレベルを落とすように電圧の振幅、位相を調整する。しかし位相の調整はこの構成に限定されない。例えば、発振器におけるレーザ光の発振と同期した信号を基準として、放電管 206 に印加される電圧の位相と、レーザ光のエネルギーの位相とを合わせるようにしても良い。具体的には、レーザ光の変動との位相差、及び周波数が予め分かっている信号（基準信号）と、レーザ光のサンプリングによって得られた電気信号とを比較し、その位相差を用いて位相を合わせることができる。

#### 【0069】

また、上記補正手段に、信号処理部で定められた放電管に印加する電圧の周波数及び振幅に関する情報をメモリ等に記憶しておき、次回改めて放電管に印加する電圧の周波数及び振幅を調整する手間を省くようにしても良い。

#### 【0070】

また、周期性のないエネルギーの変動であっても、モニターした結果を即レーザ光にフィードバックできるような応答速度で放電管に印加する電圧を制御できるのであれば、その変動を抑えることができる。

#### 【0071】

#### 【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

#### 【0072】

#### （実施例 1）

レーザ光のエネルギーの定周期変動は、発振器の発振周波数によって異なる。

本実施例では、エキシマレーザの発振器から発せられるレーザ光の発振周波数と、定周期変動の周波数の関係について説明する。

#### 【0073】

図7に、レーザ光の発振周波数 (Hz) と、フーリエ変換によって得られる最も高いピークの周波数 (Hz) の関係を示す。横軸が発振周波数 (Hz) であり、縦軸がフーリエ変換後のピーク位置 (Hz) を示している。なお各測定は測定した日にちが異なっているが、発振周波数以外の測定条件は同じである。

#### 【0074】

フーリエ変換によって得られる最も高いピークの周波数は、レーザ光のエネルギーの定周期変動の周波数を意味している。定周期変動の周波数は、段階的に増減を繰り返している。具体的には、定周期変動の周波数は、発振周波数が約 3 Hz、12 Hz、25 Hz のときに極小値を有し、約 3 Hz、10 Hz、22 Hz のときに極大値を有している。そして、発振周波数が約 25 Hz を超えた後は、増加し続けている。

#### 【0075】

図7に示したように、用いるレーザ光の発振周波数と定周期変動の周波数との関係を予め調べることで、実際に被処理物へのレーザ光の照射を行なう際に最適な条件を模索するのに役立てることができる。例えば、定周期変動の周波数が高くなる条件を選ぶことで、定周期変動によって発生する半導体膜の横縞の間隔を視認されない程度に短くすることができる。また逆に、定周期変動の周波数が低くなる条件を選ぶことで、定周期変動によって発生する半導体膜の横縞の間隔を長くし、照射領域内に横縞が現れないようにすることも可能である。

#### 【0076】

図6のデータをもとに、半導体膜の結晶化に用いる標準的なレーザ光の照射条件（発振周波数が 30 Hz、スキャン速度 1.0 mm/sec）のときと同じショット数（約 13 ショット）が得られるようにレーザ光を照射したときの、各発振周波数において生じると予測される横縞の間隔を計算する。具体的には、以下の式2から計算する。

#### 【0077】

【式 2】

$$d(\omega) = \frac{\omega}{\omega_0} \times \frac{v_0}{T(\omega)}$$

$d(\omega)$ ：横縞の間隔周期

$\omega$ ：発振周波数

$\omega_0$ ：標準的な照射条件における発振周波数（＝30Hz）

$v_0$ ：標準的な照射条件における基板スキャン速度（＝1.0mm/sec）

$T(\omega)$ ：定周期変動の周波数

【0078】

式2から計算された、発振周波数に対する横縞の周期の関係を図14に示す。発振周波数 $\omega = 25$ Hzに特徴的なピークが現れ、25Hzでの横縞は約3.9mm間隔であると予測された。それ以外の発振周波数では、約60～約500 $\mu$ m間隔となった。なお、25Hzにおける基板スキャン速度の想定値は、ショット数を標準条件（30Hz、1.0mm/sec）に合わせこむと、0.833mm/secとなる。

【0079】

（実施例2）

本実施例では、ATT内のミラーの角度に対する、エネルギーの変換係数（％）と、エネルギー密度（mJ/cm<sup>2</sup>）の関係を示す。なおエネルギーの変換係数は、本発明においては透過率と同義である

【0080】

図8において、横軸はATTの角度（°）を示しており、縦軸は一方がエネルギー

ーの変換係数(%)を、他方はエネルギー密度( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ )を示している。

【0081】

例えば、ATTの角度が $30.7^\circ$ 、変換係数が62%で、エネルギー密度が $420\text{mJ}/\text{cm}^2$ となるようにレーザ光を発振させたときに、実際に出力されたレーザ光が $420 \pm 25\text{mJ}/\text{cm}^2$ で変動していたとする。

【0082】

このレーザ光のエネルギーの変動を抑えるためには、該エネルギーの変動とは逆の位相で、エネルギー密度を $\pm 25\text{mJ}/\text{cm}^2$ として変動させるようにATTを制御する。

【0083】

具体的には、エネルギー密度の最大値( $445\text{mJ}/\text{cm}^2$ )が発振器から発振されたときに、ATTの角度を $32.0^\circ$ 、変換係数を58%とし、エネルギー密度が $-25\text{mJ}/\text{cm}^2$ となるように制御する。逆に、エネルギー密度の最小値( $395\text{mJ}/\text{cm}^2$ )が発振器から発振されたときに、ATTの角度を $29.4^\circ$ 、変換係数を67%とし、エネルギー密度が $+25\text{mJ}/\text{cm}^2$ となるように制御する。

【0084】

なお、ATTの角度と変換係数とエネルギー密度は、図8に示した関係に限定されない。実際に使用するATTの特性に合わせて、変換係数と、ATTの角度を定めるようにする。

【0085】

なお、本実施例では、1つの光量調整手段を用いてエネルギーの変動を制御する例について説明したが、本発明はこれに限定されない。2つ以上の光量調整手段を用いても良い。例えば、透過率が固定されている光量調整手段と、エネルギーの変動を抑えるための透過率が可変である光量調整手段を組み合わせ使用しても良い。

【0086】

また、本実施例では、ミラーの角度を調整することで透過率を制御するATTを用いた例について説明したが、基板の一方向に対して透過率が連続的または段階的に変化する可変濃度フィルタを用いても良い。

**【0 0 8 7】**

本実施例は、実施例 1 と組み合わせて実施することができる。

**【0 0 8 8】**

(実施例 3)

本実施例では、実施の形態 1 に示した本発明のレーザ装置の一実施例について説明する。

**【0 0 8 9】**

図 9 に本実施例のレーザ装置の構成を示す。発振器 1 5 0 0 から発振されたレーザ光は、補正手段 1 5 0 1 においてそのエネルギーが補正されて、ビームエキスパンダー 1 5 0 8 に入射する。

**【0 0 9 0】**

なお本実施例では、補正手段 1 5 0 1 とビームエキスパンダー 1 5 0 8 との間に、レーザ光を遮るシャッター 1 5 0 2 が設けられているが、必ずしも設ける必要はない。

**【0 0 9 1】**

そして、ビームエキスパンダー 1 5 0 8 によって、入射してきたレーザ光の広がりを抑え、なおかつ、ビームスポットの大きさを調整することができる。

**【0 0 9 2】**

ビームエキスパンダー 1 5 0 8 から出射したレーザ光は、ビームホモジナイザー 1 5 0 9 において、ビームスポットの形状が矩形状、楕円状または線状になるように集光される。そして、該集光されたレーザ光は、ミラー 1 5 1 0 において反射し、レンズ 1 5 1 1 に入射する。入射したレーザ光はレンズ 1 5 1 1 によって再び集光され、半導体膜が成膜された基板 1 5 1 4 に照射される。本実施例ではレンズ 1 5 1 1 としてシリンドリカルレンズを用いた。

**【0 0 9 3】**

基板 1 5 1 4 はステージ 1 5 1 5 上に載置されており、該ステージ 1 5 1 5 は 3 つの位置制御手段（ドライバ） 1 5 1 6 ～ 1 5 1 8 によってその位置が制御されている。具体的には、 $\phi$  方向位置制御手段 1 5 1 6 により、水平面内においてステージ 1 5 1 5 を回転させることができる。また、X 方向位置制御手段 1 5 1

7により、水平面内においてステージ1515をX方向に移動させることができる。また、Y方向位置制御手段1518により、水平面内においてステージ1515をY方向に移動させることができる。各位置制御手段の動作は、中央処理装置1519において制御されている。

#### 【0094】

上述した3つの位置制御手段の動作を制御することで、基板1514においてレーザ光が照射される位置を制御することができる。レーザ光の照射は、半導体膜におけるレーザ光のビームスポットが、走査方向において重なるように照射する。

#### 【0095】

なお本実施例のように、CCD等の受光素子を用いたモニター1512を設け、基板の位置を正確に把握できるようにしても良い。

#### 【0096】

本実施例は、実施例1または2と組み合わせて実施することが可能である。

#### 【0097】

##### 【発明の効果】

本発明は、レーザ光のエネルギー密度の光量調整手段を用いることで、レーザ光のエネルギー密度の制御を精密に行なうことができるので、従来の振動子を用いた方法よりも確実にレーザ光の変動を打ち消すことができ、より安定なエネルギーを有するレーザ光を得ることができる。より具体的には、レーザ光の発振周期よりも定周期のエネルギーの変動を抑えることができる。

#### 【0098】

また本発明は、発振器が有する放電管に印加する電圧を制御することで、レーザ光のエネルギー密度の制御を精密に行なうことができるので、従来の振動子を用いた方法よりも確実にレーザ光の変動を打ち消すことができ、より安定なエネルギーを有するレーザ光を得ることができる。より具体的には、レーザ光の発振周期よりも定周期のエネルギーの変動を抑えることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 補正手段の構成を示すブロック図。

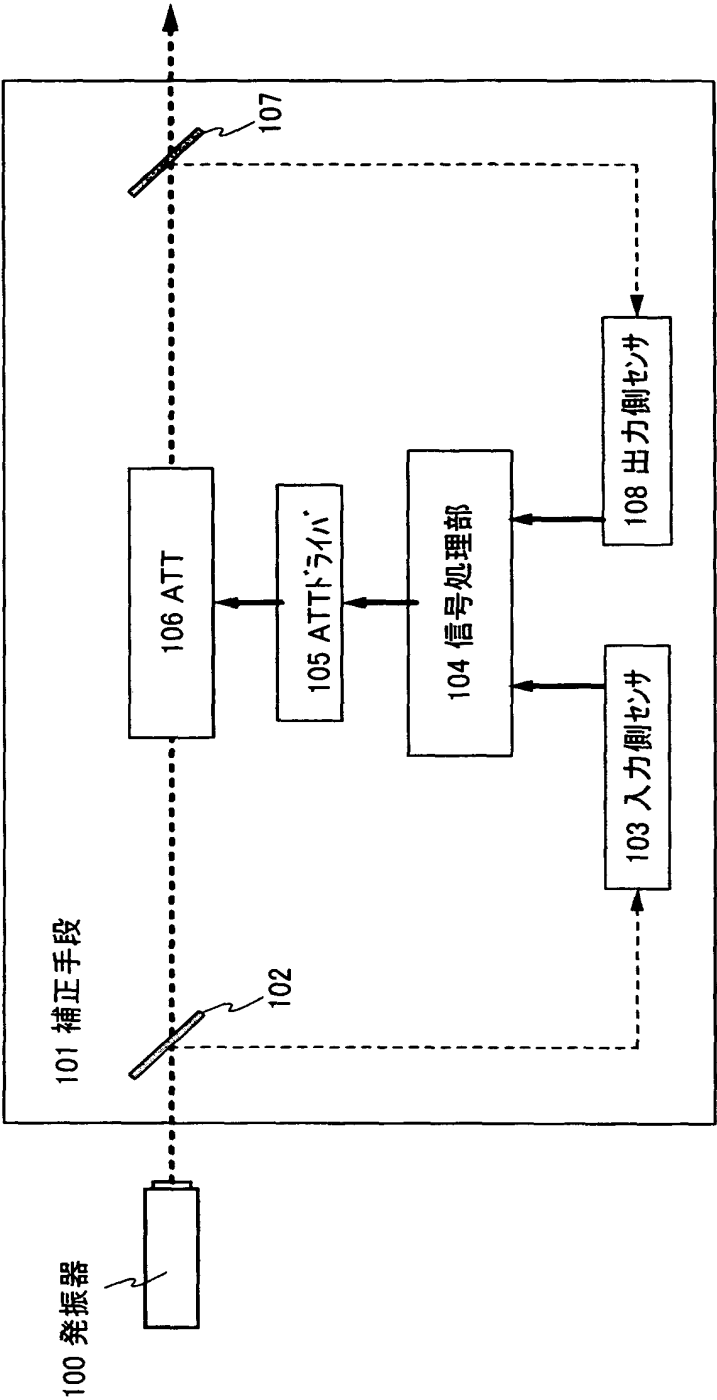
- 【図 2】 発振周波数ごとのエネルギーの実測値を示すグラフ。
- 【図 3】 発振周波数ごとのエネルギーの実測値のFFT後のデータを示すグラフ。
- 【図 4】 エネルギーの定周期変動と、透過率の変動を示す図。
- 【図 5】 光量調整手段から出射されるレーザ光のエネルギーの変動を示す図。
- 【図 6】 補正手段の構成を示すブロック図。
- 【図 7】 発振周波数と、フーリエ変換後の周波数のピーク位置の関係を示すグラフ。
- 【図 8】 ATTの角度に対する、変換係数と、エネルギー密度の関係を示すグラフ。
- 【図 9】 本発明のレーザ装置の構成を示す図。
- 【図 10】 時間に対するレーザ光のエネルギーの値と、FFT後のデータ。
- 【図 11】 エキシマレーザのレーザ光を照射し、結晶化を行なった半導体膜を上面からみた写真。
- 【図 12】 結晶化後の半導体膜を上面からみた写真と、レーザ光のエネルギーの値を濃淡で示した図。
- 【図 13】 結晶化後の半導体膜を上面からみた写真と、該半導体膜を用いて形成された発光装置の画素部の写真。
- 【図 14】 ショット数を標準に合わせたときの、発振周波数と横縞の間隔との関係を示す図。



【書類名】

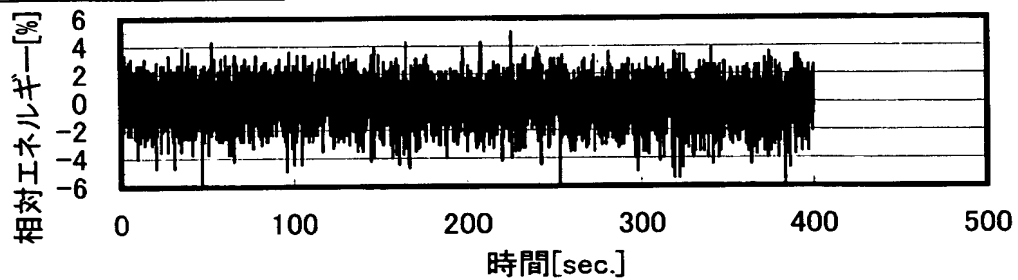
図面

【図 1】

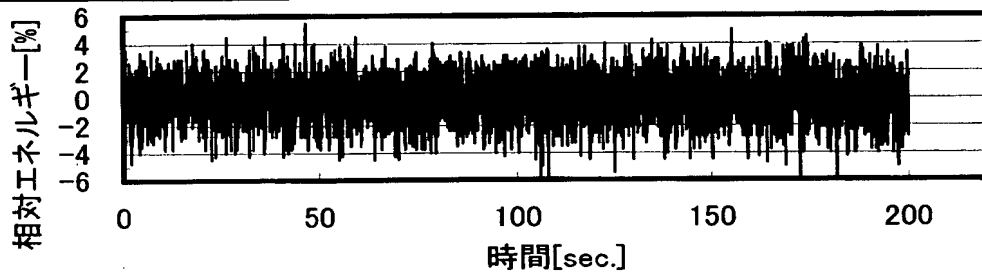


【図 2】

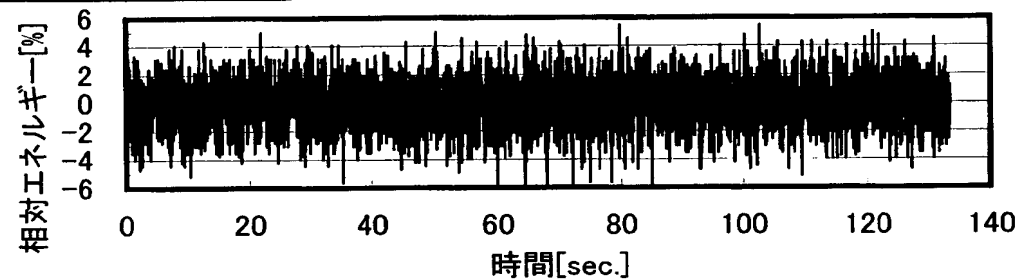
(A) 発振周波数 10Hz



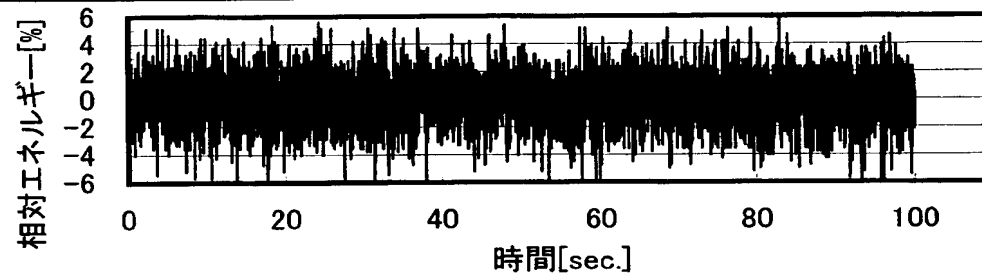
(B) 発振周波数 20Hz



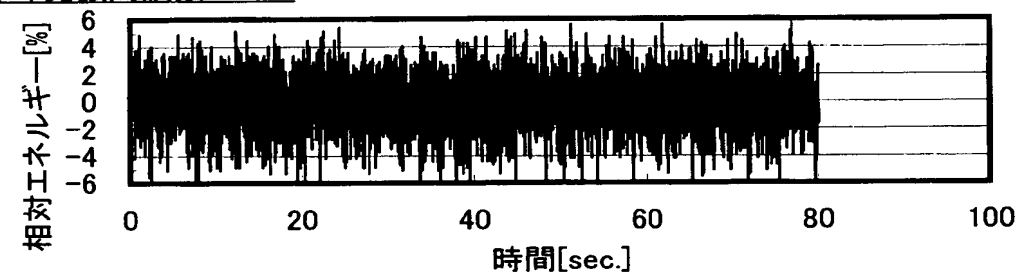
(C) 発振周波数 30Hz



(D) 発振周波数 40Hz

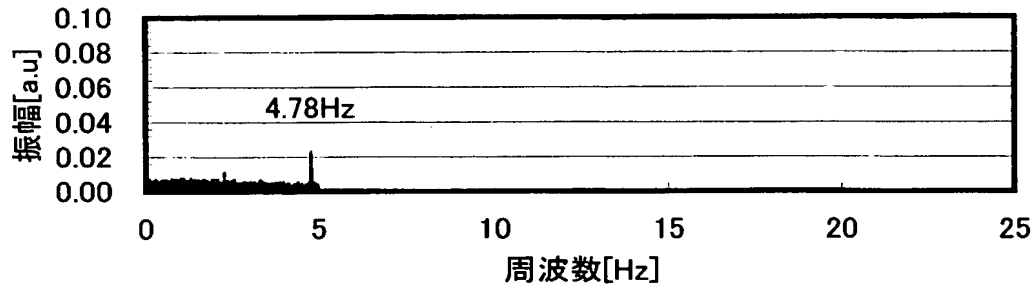


(E) 発振周波数 50Hz

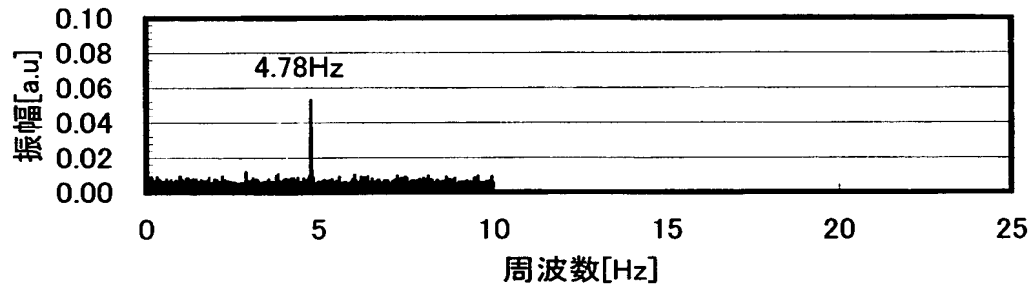


【図 3】

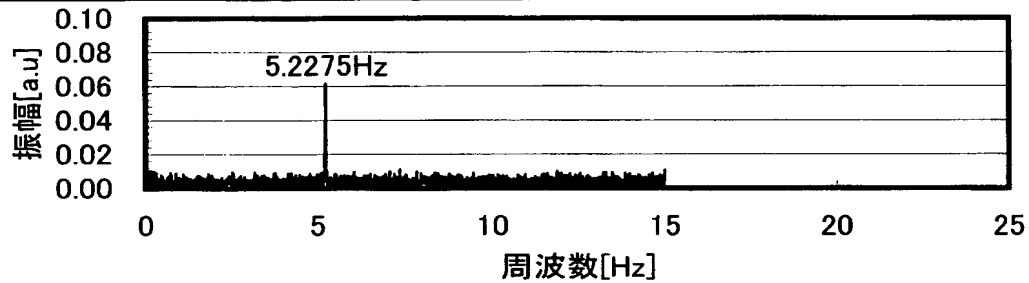
(A) 発振周波数 10Hz(フーリエ変換後)



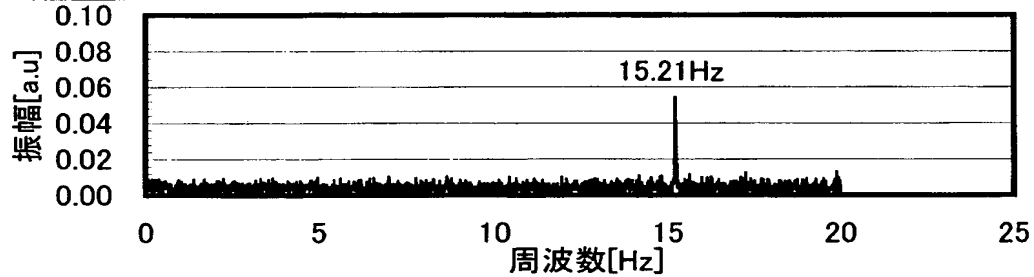
(B) 発振周波数 20Hz(フーリエ変換後)



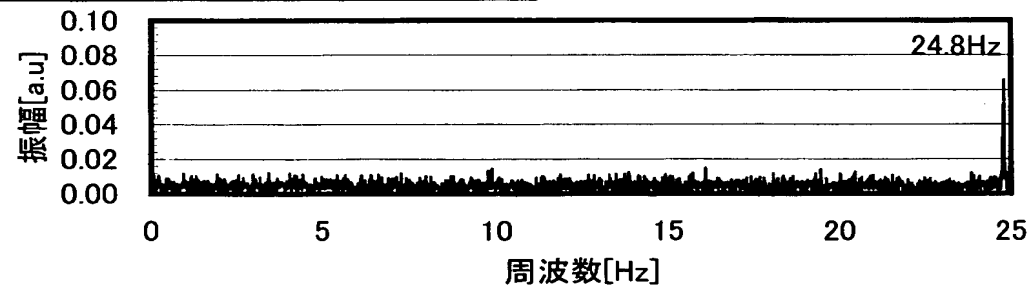
(C) 発振周波数 30Hz(フーリエ変換後)



(D) 発振周波数 40Hz(フーリエ変換後)

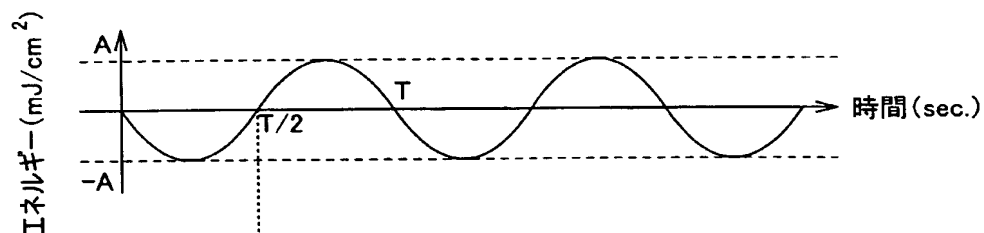


(E) 発振周波数 50Hz(フーリエ変換後)

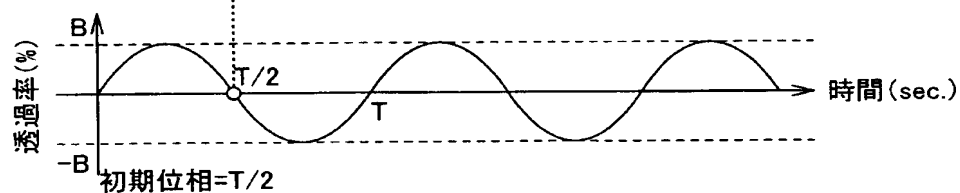


【図 4】

(A) 出力の変動

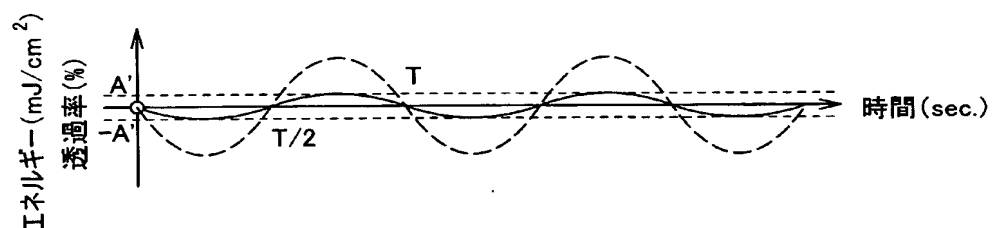


(B) 透過率の変動

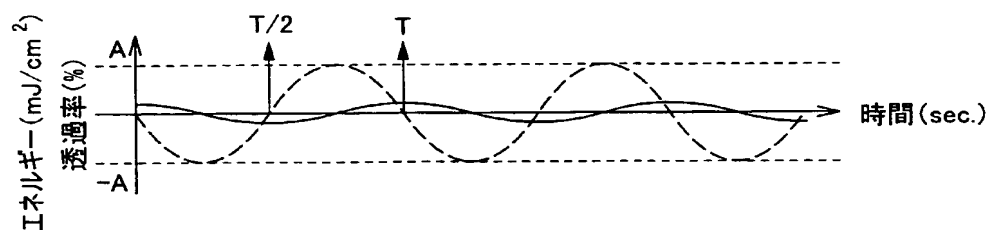


【図 5】

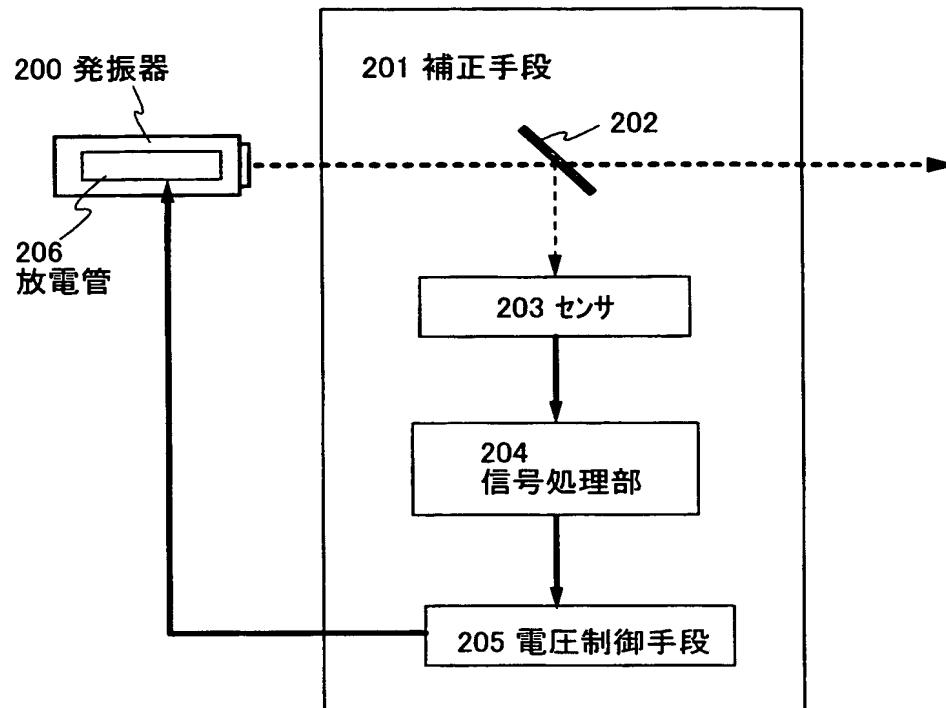
(A)



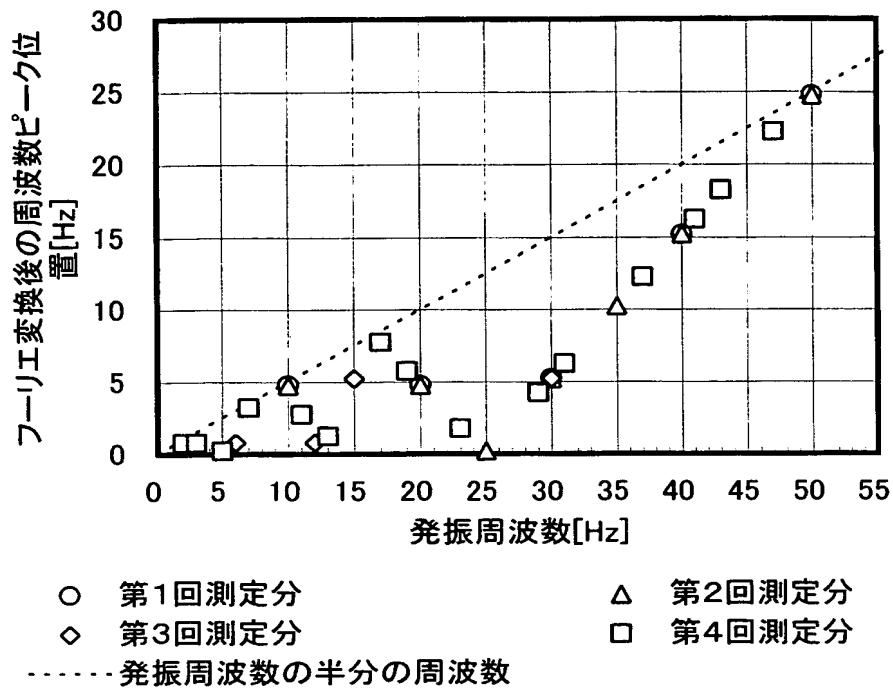
(B) 初期位相  $\neq \pi$



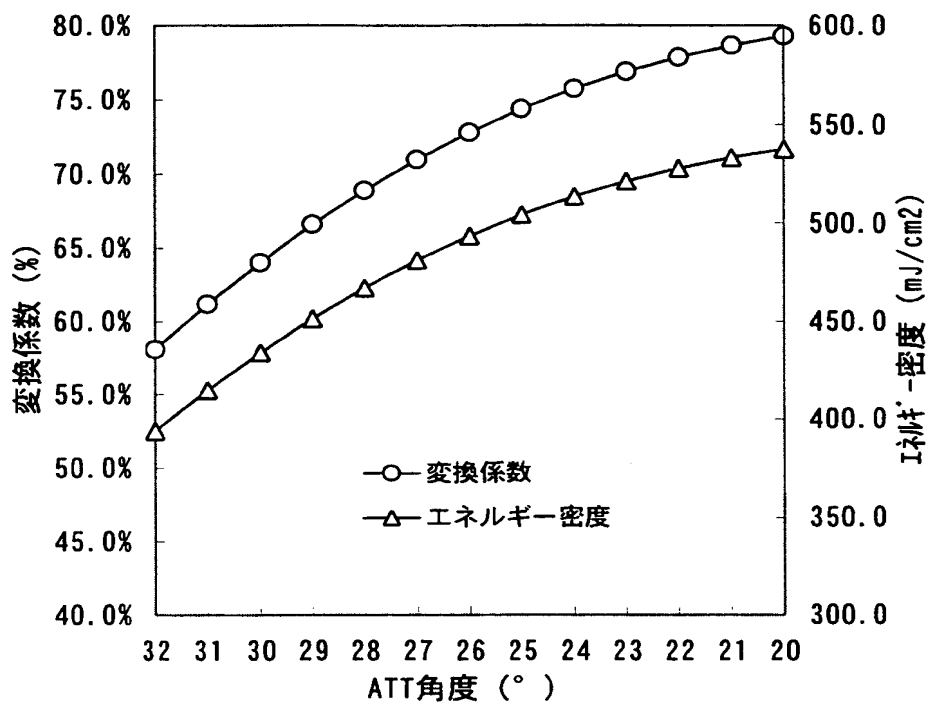
【図 6】



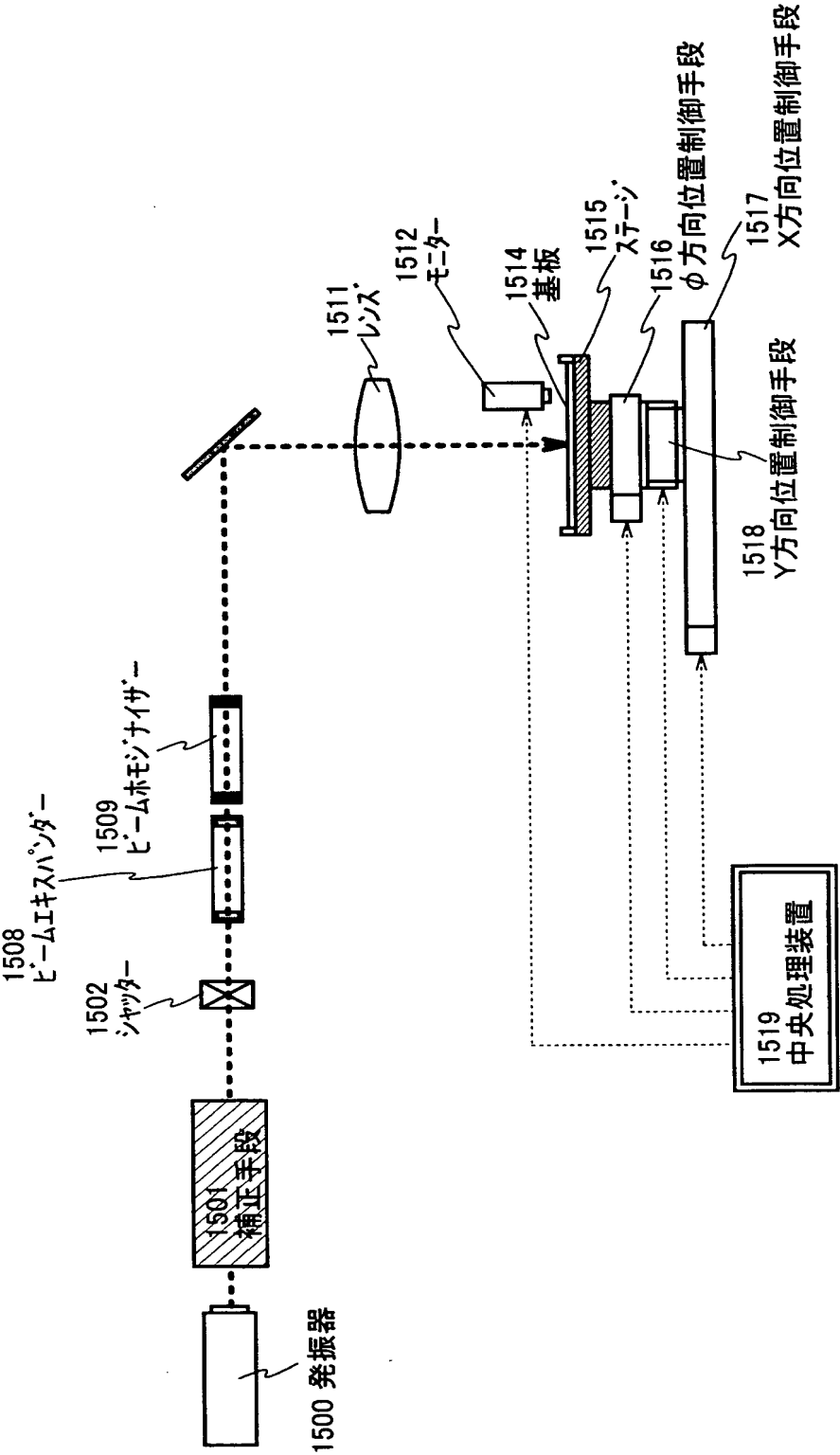
【図 7】



【図 8】

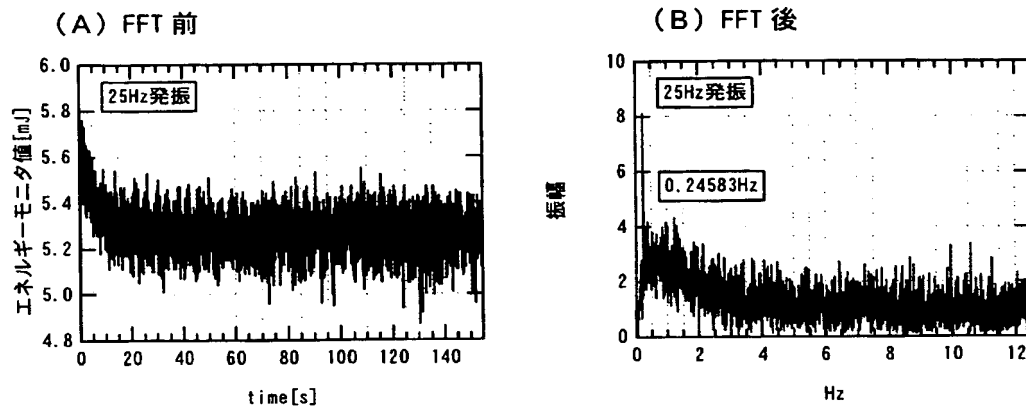


【図 9】

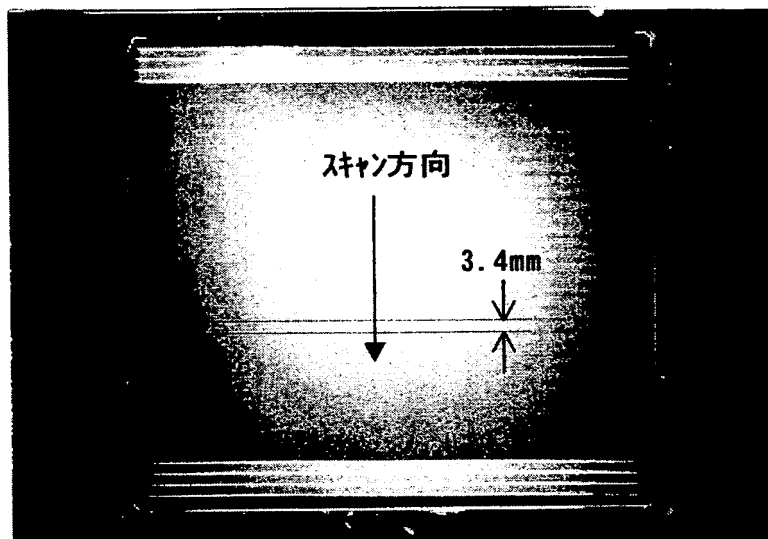




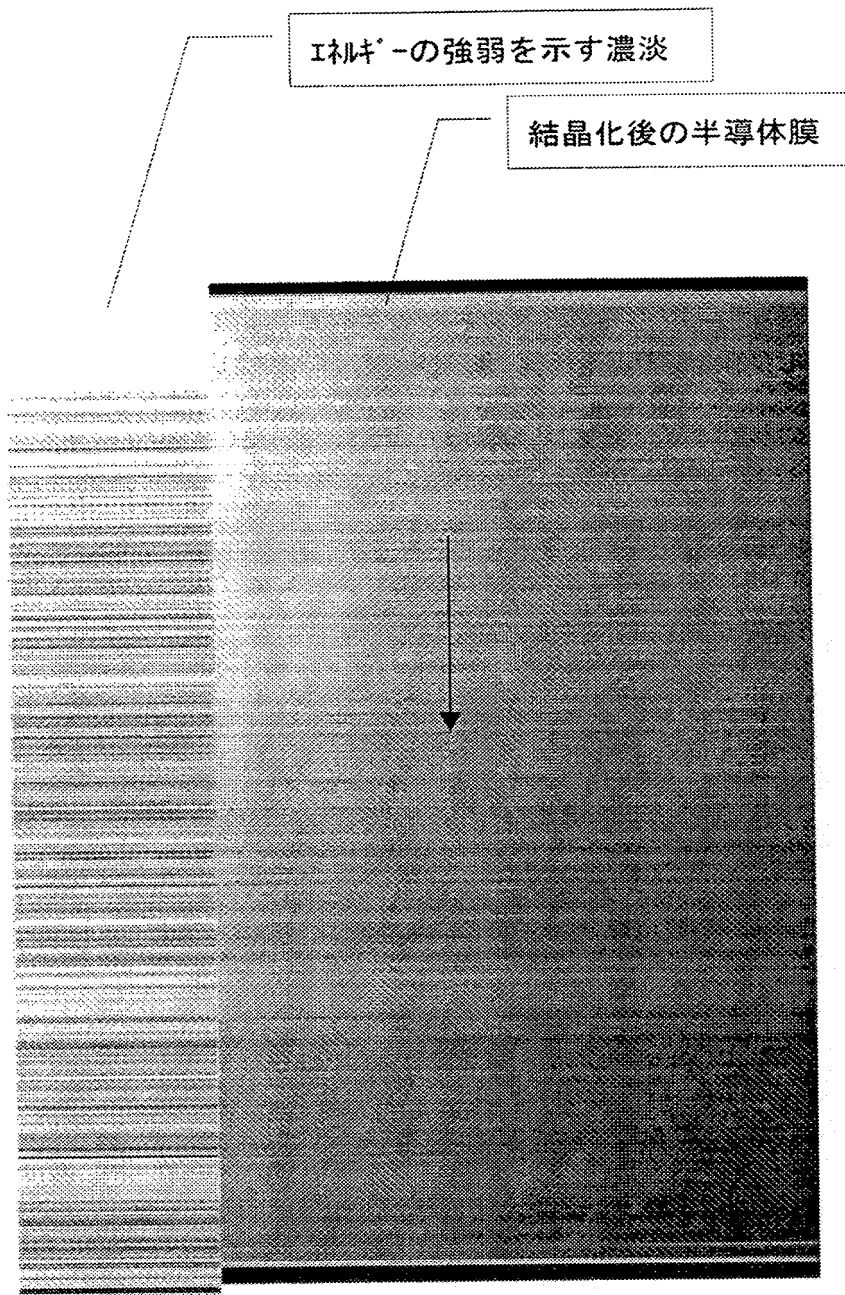
【図 10】



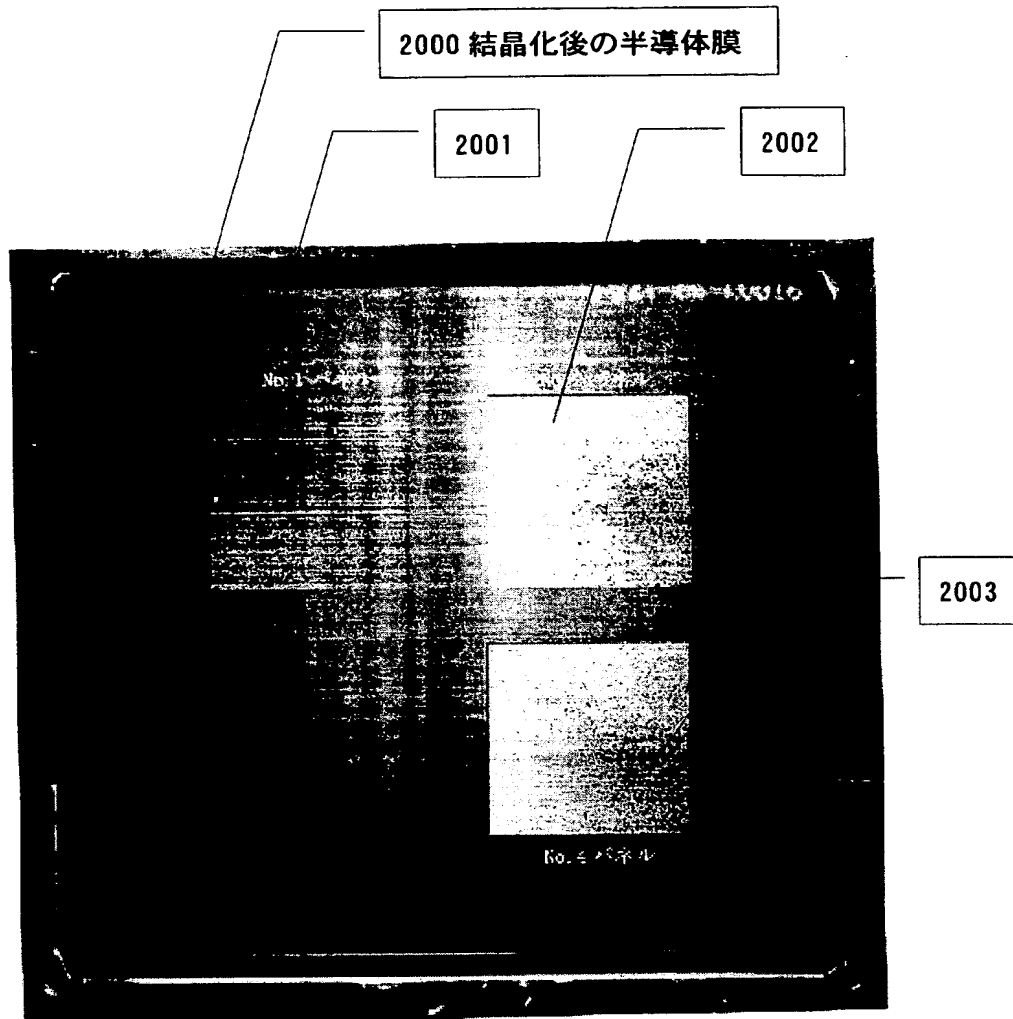
【図 11】



【図 12】

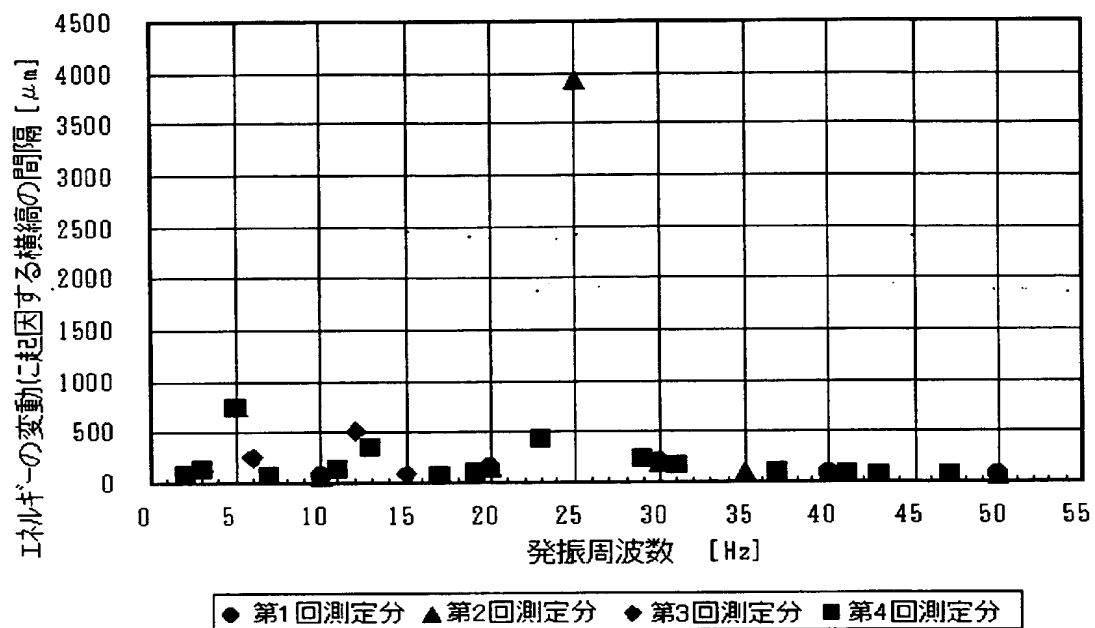


【図 13】



IC 後の全体写真とパネル表示写真の対比

【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ光のエネルギーをより安定化させることができるレーザ装置、レーザ照射方法または半導体装置の生産方法の提供を課題とする。

【解決手段】 発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングして、レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、電気信号に信号処理を施すことで、レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、算出された位相との間の位相差、発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び算出された周波数と振幅を用い、光量調整手段の透過率がレーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で、なおかつ発振器から発振されるレーザ光の振幅が抑えられるような振幅で変化するように制御し、光量調整手段において、透過率に従って発振器から発振されるレーザ光のエネルギーが調整することを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 7 4 2 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 5 3 8 7 8 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所